

УДК 347.471.3

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ С ОТЛОЖЕННЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ РЕСУРСНОГО БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ю.М. ЧИНЮЧИН¹, Е.Д. ГЕРАСИМОВА¹, Н. ОЙДОВ¹

¹Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия

Рассматривается методическое обеспечение безопасных полетов с отложенными повреждениями, направленное на формирование Минимального перечня неисправного оборудования функциональной системы (ФС) конкретного типа воздушного судна (ВС).

Критерием при определении минимального перечня оборудования предлагается использовать обеспечение летной годности ВС. Для разработки методического обеспечения безопасных полетов с отложенными повреждениями предлагается использовать известные методы статистического, схемно-конструктивного анализа и методы теории оценивания. Рассматривается модель оценки надежности ФС для полетов с отложенными повреждениями и процедуры качественного и количественного анализов видов и последствий отказов функциональных систем.

Моделирование предусматривает возможность анализа и оценки безотказности ФС для любых, наперед заданных, значений наработки на период эксплуатации ВС, в том числе до отработки межремонтного ресурса.

Анализ и оценка надежности (безотказности) ФС с помощью предлагаемой модели предусматривает поэтапное решение следующих задач: оценку безотказности каждого из компонентов ФС; оценку степени влияния отказа каждого из компонентов ФС на безопасность полетов; оценку безотказности ФС в целом.

Обеспечивается возможность определения и прогнозирования приемлемых значений вероятности отказов каждого из компонентов анализируемых систем с учетом требований по поддержанию летной годности (ЛГ) ВС в эксплуатационном авиапредприятии.

Исходной информацией для моделирования является статистическая база по отказам ФС и видам отказов изделий ФС, накопленная по опыту эксплуатации парка ВС в конкретном авиапредприятии.

Предлагаемое математическое обеспечение формирования минимального перечня оборудования ВС позволяет уточнить для авиапредприятия Основной минимальный перечень оборудования, который задается производителем для типа ВС.

Ключевые слова: воздушное судно, функциональная система, безопасность полетов, минимальный перечень оборудования, надежность.

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение безопасных полетов ВС с отложенными повреждениями дает возможность эксплуатанту соблюдать необходимый уровень безопасности полетов при рентабельности эксплуатации ВС с частично неисправным оборудованием.

Номенклатура частично неисправного оборудования задается производителем ВС при формировании перечня MMEL (Основной минимальный перечень оборудования) для типа ВС.

Эксплуатант, добиваясь максимальной выгоды при использовании парка ВС, должен на основе базового перечня MMEL сформировать минимальный перечень оборудования MEL (МПО). Перечень МПО формируется для типа ВС с учетом опыта эксплуатации парка в конкретных условиях эксплуатационного авиапредприятия и возможности восстановления неисправного оборудования – функциональных систем (ФС) и их компонентов [1–4].

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методическое обеспечение формирования перечня МПО включает:

- модель оценки надежности функциональных систем для полетов с отложенными повреждениями;

- процедуры качественного и количественного анализов видов и последствий отказов и повреждений функциональных систем;
- метод отбора компонентов функциональных систем для включения в Минимальный Перечень оборудования МПО – MEL;
- допустимые границы отсрочки времени для восстановления неисправного оборудования.

Предварительные исследования позволяют использовать для разработки методического обеспечения безопасных полетов ВС с отложенными повреждениями известные методы статистического, схемно-конструктивного анализа и методы теории оценивания.

В данной статье рассматривается модель оценки надежности ФС для полетов с отложенными повреждениями и процедуры качественного и количественного анализов видов и последствий отказов функциональных систем.

При построении модели учитываются следующие особенности:

- объектом моделирования является эксплуатационная надежность (безотказность) ФС и их компонентов конкретного типа ВС;
- точность моделирования определяется полнотой и достоверностью исходной статистической информации по отказам и повреждениям компонентов исследуемых ФС;
- представительность статистической информации об отказах компонентов ФС должна быть достаточной по объему и составу, чтобы была возможность учесть случайный характер влияния на ФС широкого спектра эксплуатационных факторов;
- объемы наблюдений в течение конкретного периода являются случайными выборками и служат информационной базой для последующей оценки показателей безотказности компонентов ФС с привлечением методов теории оценивания.

Исходная информация для моделирования включает:

- 1) принципиальную схему ФС и описание ее работы;
- 2) перечень компонентов ФС;
- 3) статистическую базу по отказам компонентов ФС, накопленную по результатам длительных эксплуатационных наблюдений по парку ВС данного типа;
- 4) расчетные значения вероятности безотказной работы компонентов ФС и динамику их изменения по наработке.

Для моделирования используется метод структурных схем [5, 6]. Структурные схемы оценки надежности ФС позволяют выявить совокупность тех компонентов, отказы которых могут существенно влиять на безопасность полетов.

Важным и обязательным этапом моделирования является определение показателя безотказности $P(t)$ – вероятности безотказной работы ФС в течение наработки t .

Анализ и оценка надежности (безотказности) ФС с помощью предлагаемой модели предусматривает поэтапное решение следующих задач:

- оценки безотказности каждого из компонентов ФС;
- оценки степени влияния отказа каждого из компонентов ФС на безопасность полетов;
- оценки безотказности ФС в целом.

Моделирование предусматривает возможность анализа и оценки безотказности ФС для любых, наперед заданных, значений наработки, например, на период эксплуатации ВС до отработки межремонтного ресурса.

Таким образом, обеспечивается возможность определения и прогнозирования приемлемых значений вероятности отказов каждого из компонентов анализируемых систем с учетом требований по поддержанию летной годности (ЛГ) ВС в эксплуатационном авиапредприятии.

В данном случае необходимый объем и состав статистической информации по безотказности компонентов ФС ВС определяется из условий обеспечения наиболее точной оценки параметра потока отказов (ω), определяющего $P(t)$. При эксплуатации парка ВС в количестве N ед.

и налете каждого из них T , а также с учетом количества однотипных компонентов (изделий) a на одном борту, суммарная наработка эксплуатируемых изделий составит $N \cdot T \cdot a$. Чем больше наработка $N \cdot T \cdot a$, тем ближе статистическая оценка безотказности (ω) к его истинному (теоретическому) значению.

Относительная погрешность оценки составит

$$\delta = \frac{\omega - \omega^*}{\omega}. \quad (1)$$

Для решения задачи задаются доверительной вероятностью и определяют минимальное значение $N \cdot T \cdot a$, при котором вероятность того, что относительная погрешность оценки ω не превысит заданную:

$$\gamma = P\left(\frac{\omega - \omega^*}{\omega} \leq \delta_{\text{зад}}\right). \quad (2)$$

Расчетная формула для определения $N \cdot T \cdot a$ использует стандартную функцию нормального распределения $\Phi(z)$

$$\gamma = 1 - \Phi(-\delta \sqrt{\omega \cdot N \cdot T \cdot a}). \quad (3)$$

Выражение $(-\delta \sqrt{\omega \cdot N \cdot T \cdot a})$ является квантилью нормального распределения $U_{1-\gamma}$. Расчетная формула для определения объема наблюдений приобретает вид

$$N \cdot a \geq \frac{1}{\omega \cdot T} \left(\frac{U_{1-\gamma}}{\delta} \right)^2. \quad (4)$$

Для практического применения представленных выражений используют таблицу функции стандартного нормального распределения $\Phi(z)$. Для расчета принимают следующие диапазоны значений исходных данных: $\delta = 0,1 \dots 0,2$; $(1 - \gamma) = 0,8 \dots 0,95$; $\omega = 10^{-3} \dots 10^{-4}$. Результаты расчетов значений $[N \cdot a]_{\text{расч.}}$ для компонентов ФС позволяют определить представительность объема информации:

$[N \cdot a]_{\text{факт.}} \geq [N \cdot a]_{\text{расч.}}$ – представительность обеспечена;

$[N \cdot a]_{\text{факт.}} < [N \cdot a]_{\text{расч.}}$ – представительность не обеспечена, требуются дополнительные наблюдения.

Интерес представляет математическое обеспечение процедуры количественного анализа видов и последствий отказов компонентов ФС.

Цель количественного анализа – оценка вероятностей последствий отказов ФС и определение возможности эксплуатации ФС с отложенными повреждениями.

Ставится задача количественной оценки сформированных функций отказности с учетом видов отказов изделий ФС и сравнение полученных значений с требованиями ЕНЛГС по категориям последствий возможных отказов [7–9].

При количественной оценке вероятностей возникновения событий должны использоваться следующие значения вероятностей, отнесенные либо к одному часу налета, либо к одному полету, в зависимости от характера рассматриваемого события:

- повторяющиеся – более 10^{-3} ;
- умеренно-вероятные – в диапазоне $10^{-3} \dots 10^{-5}$;
- маловероятные – в диапазоне $10^{-5} \dots 10^{-7}$;
- крайне маловероятные – в диапазоне $10^{-7} \dots 10^{-9}$;
- практически невероятные – менее 10^{-9} .

В ЕНЛГС установлены допустимые вероятности возникновения особых ситуаций для ВС: КС – катастрофической (10^{-9}); АС – аварийной (10^{-7}); СС – сложной (10^{-5}); ситуации УУП – усложнение условий полета (10^{-3}) [10].

Для решения поставленной задачи должна быть организована процедура количественно-го анализа, включающая:

- анализ вероятностей видов отказов компонентов ФС, определяющих ЛГ ВС;
- расчет вероятностей видов отказов;
- оценка вероятностей особых ситуаций и ситуации УУП;
- определение соответствия требованиям ЛГ ВС.

Исходными данными для анализа являются характеристики статистической оценки безотказности изделий ФС и видов их отказов. Статистическая база по отказам ФС и видам отказов изделий ФС, накопленная по опыту эксплуатации парка ВС в конкретном авиапредприятии, отражает условия эксплуатации, конструктивные особенности эксплуатируемых ВС и качество выполнения планового ТО.

Таким образом, появляется возможность корректировать основной перечень ММЕЛ для типа ВС, приспособив его для конкретного авиапредприятия с учетом реальных условий эксплуатации ВС, формируя при этом перечень MEL.

Оценку функций безотказности предлагается выполнять расчетно-аналитическим методом на основе схемно-конструктивного анализа.

Определение соответствия значений функций отказности по каждому «расчетному случаю» предполагает предварительное установление нормативных значений показателей ЛГ для ФС и их компонентов.

Определение нормативных (допустимых) значений показателей ЛГ предполагает распределение частот возникновения особых ситуаций и ситуации УУП, заданных требованиями ЕНЛГС для общего количества ФС ВС, и доли этих частот для каждой рассматриваемой ФС. Распределение требуемых (допустимых) частот возникновения ситуаций для каждой ФС проводится пропорционально доли отказов рассматриваемой ФС и приведших к возникновению одного из событий, обуславливающих ЛГ (КС, АС, СС, УУП).

Каждая ФС имеет, как правило, более одного вида отказа, при этом разные виды отказов одной и той же ФС могут обуславливать события различной степени тяжести в отношении ЛГ.

Основываясь на вышесказанном, можно провести нормирование допустимых частот возникновения ситуаций (КС, АС, СС, УУП), обусловленных видами отказов изделий j -й ФС и вызвавших β -й вид ее отказа [3].

Нормирование показателей ЛГ для видов отказов ФС проводится в соответствии со следующим соотношением:

$$Q_{(k\beta)\xi}^{\text{don}} = \frac{Q_{\xi}^{\text{don}} - \sum_l \sum_{\beta} Q_{(l\beta)\xi}^{\text{don}}}{n_{k\xi} n_{(k\beta)\xi}}, \quad (5)$$

где $Q_{(k\beta)\xi}^{\text{don}}$, $Q_{(l\beta)\xi}^{\text{don}}$ – соответственно допустимые частоты возникновения видов отказов k -й и l -й ФС, приводящих к возникновению ξ -го события;

$n_{k\xi}$, $n_{(k\beta)\xi}$ – соответственно общее количество k -х ФС и общее количество видов отказов l -х ФС, отказы которых приводят к возникновению ξ -го события.

Определение контролируемых показателей производится в следующем порядке.

1. В качестве контролируемых показателей ЛГ используются $Q_{КС}$, $Q_{АС}$, $Q_{СС}$ и $Q_{(j\beta)\text{УУП}}$ (вероятности возникновения аварийной, катастрофической, сложной ситуации и вероятности возникновения УУП, обусловленных отказами β -го вида j -й ФС за час полета, соответственно).

2. Величины Q_{KC} , Q_{AC} определяются расчетными методами на основе схемно-конструктивного анализа надежности и статистических оценок безотказности компонентов ФС, виды отказов которых обуславливают соответствующие ситуации.

Величины Q_{CC} , $Q_{(j\beta)УУП}$ – определяются расчетными методами на основе схемно-конструктивного анализа (аналогично показателям Q_{KC} и Q_{AC}) или путем непосредственной статистической оценки. Такая оценка возможна при суммарном налете наблюдаемого парка 30...40 тыс. ч (в последнем случае расчет методами схемно-конструктивного анализа не производится).

3. Расчетные методы схемно-конструктивного анализа надежности ФС позволяют получить следующие аналитические зависимости между контролируемыми показателями ЛГ ВС и показателями безотказности компонентов ФС:

$$Q_{\xi} = \sum_j \sum_{\beta} Q_{(j\beta)\xi}, \xi \in \Omega, \Omega = \{KC, AC, CC\}; \quad (6)$$

$$Q_{(j\beta)\xi} = Q_{(j\beta)\xi}(\omega_{11} \dots \omega_{iv} \dots \omega_{j\Theta}) = Q_{(j\beta)\xi}(\omega_{iv}), \quad (7)$$

при этом

$$\xi \in \Omega, \Omega = \{KC, AC, CC, УУП\},$$

где ω_{iv} – параметр потока отказов v -го вида i -го изделия ФС, при этом $v = (\overline{1, \Theta})$, $i = (\overline{1, \gamma})$.

4. Выполняется статистическая оценка характеристик безотказности изделий ФС известными методами статистического анализа. Определяются выборочные значения показателя ω (параметр потока отказов). Для повышения точности оценки рекомендуется определять верхнюю доверительную границу оцениваемого показателя для заданной доверительной вероятности γ . Диапазон для задания γ рекомендуется применять в значениях $\gamma \geq 0,9$, что обеспечивает ошибку оценки не более 10 %.

Для статистической оценки значений показателя безотказности ω изделий ФС используется выражение

$$\hat{\omega}_{iv} = \frac{\sum_{z=1}^k m_{(iv)z}}{\sum_{z=1}^k \tau_{(\Sigma i)z}}, \quad (8)$$

где $\hat{\omega}_{iv}$ – оценка среднего значения параметра потока v -го вида отказа изделия i -го типа;

$m_{(iv)z}$ – количество отказов v -го вида изделия i -го типа за z -й контрольный период;

$\tau_{(\Sigma i)z}$ – суммарная наработка элемента i -го типа на z -й контрольный период;

z – порядковый номер контрольного периода, для которого производится оценка;

k – общее количество рассматриваемых контрольных периодов.

5. Производится оценка верхней доверительной границы параметра потока отказов

$$\hat{\omega}_{iv}^B = \frac{r_0}{\sum_{z=1}^k \tau_{(\Sigma i)z}}, \quad (9)$$

где $\hat{\omega}_{iv}^B$ – верхняя доверительная граница параметра потока отказов v -го вида элемента i -го типа;

r_0 – коэффициент для верхней доверительной границы.

Значения коэффициента r_0 табулировано и определяется по значению односторонней доверительной вероятности γ^{**} (рекомендуется принимать $\gamma^{**} = 0,9$).

В случае если по эксплуатационным данным невозможно выделить конкретный вид отказа изделий среди общего числа его отказов, то величина ω_{iv} определяется из следующего приближенного выражения

$$\hat{\omega}_{iv} = \frac{1}{n_{iv}} \frac{\sum_{z=1}^k m_{iz}}{\tau_{(\Sigma I)z}}, \quad (10)$$

где n_{iv}, m_{iz} – общее количество видов отказов i -го изделия ФС и общее количество отказов изделий i -го типа за z -й период наблюдения.

6. На основе полученных статистических значений показателей безотказности и располагаемых функций отказности ФС производится расчет контролируемых показателей за k -е количество периодов наблюдения:

$$Q_{\xi} = \sum_j \sum_{\beta} Q_{(j\beta)\xi}(\omega_{iv}), \quad \xi \in \Omega, \Omega = \{KC, AC, CC\}, \quad (11)$$

при этом

$$Q_{(j\beta)ууп} = Q_{(j\beta)ууп}(\hat{\omega}_{iv}),$$

7. В случае если расчет контролируемых показателей Q_{cc} и $Q_{ууп}$ производится на основе непосредственной статистической оценки, то значения оцениваемых величин определяются из следующих выражений:

$$Q_{cc} = \frac{\sum_{z=1}^k m_{ccz}}{\tau_{п} \sum_{z=1}^k n_{пz}}, \quad (12)$$

$$Q_{ууп} = \frac{\sum_{z=1}^k m_{уупz}}{\tau_{п} \sum_{z=1}^k n_{пz}}, \quad (13)$$

где $m_{ccz}, m_{уупz}$ – соответственно общее количество CC и $УУП$ за z -й контрольный период наблюдения;

$n_{пz}$ – общее количество полетов за z -й контрольный период наблюдения;

$\tau_{п}$ – средняя продолжительность полета.

При статистической оценке значений показателей Q_{cc} и $Q_{ууп}$ фиксируются отказы изделий (виды отказов изделий) ФС, которые обусловили рассматриваемые события.

8. Величина контрольного периода t_k для оценки показателей принимается от одного до трех календарных лет в зависимости от численности наблюдаемого парка и его налета.

Контроль показателей $Q_{KC}, Q_{AC}, Q_{CC}, Q_{ууп}$, производится до завершения контрольного периода в следующих случаях:

– при возникновении хотя бы одного отказа любого нерезервированного изделия, обуславливающего KC, AC, CC ;

– при возникновении суммарного числа $m_{дон}$ отказов (одного вида) однотипных резервированных элементов, обуславливающих KC, AC, CC ($m_{дон}$ определяется в зависимости от ожидаемого суммарного годового налета наблюдаемого парка ВС).

9. Решение о не соответствии требованиям ЕНЛГС и возникновении последствий из-за отказов ФС и видов отказов их изделий принимается при выполнении неравенств

$$Q_{KC} \geq Q_{KC \text{ доп}}; Q_{AC} \geq Q_{AC \text{ доп}}; Q_{CC} \geq Q_{CC \text{ доп}}; Q_{(j\beta)ууп} \geq Q_{(j\beta)ууп \text{ доп}}.$$

В этом случае рассмотренные отказы и виды отказов ФС являются «опасными» и компоненты, на которых они возникают, не могут быть включены в формируемый перечень МПО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены задачи методического обеспечения безопасных полетов ВС с отложенными повреждениями.
2. Рассмотрена модель оценки надежности ФС для полетов с отложенными повреждениями и процедура количественного анализа видов и последствий отказов ФС.
3. Представлено математическое обеспечение, позволяющее эксплуатанту, при выполнении требований ЛГ, формировать перечень МПО для типов ВС приписного парка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОСТ 1 02792-2010. Авиационный стандарт. Воздушные суда гражданской авиации. Минимальные перечни оборудования. Общие требования. М.: ФГУП «НИИ СУ», 2011.
2. **Чинючин Ю.М.** Формирование Минимальных перечней оборудования воздушных судов, обеспечивающего безопасные и регулярные полеты / Ю.М. Чинючин, Н.Н. Смирнов, В.С. Кирдюшкин, Д.С. Гафуров // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 205. С. 10–15.
3. Введение в MMEL и MEL. (Flight Operations Support & Services). Оригинальная версия – Airbus. Издание 1. 2005. 202 с.
4. **Гафуров Д.С.** Применение программ безопасного выполнения полетов воздушных судов при наличии допустимых (отложенных) неисправностей / Д.С. Гафуров // Материалы докладов IV Международной научно-практической конференции – «Авиация: история, современность, перспективы развития». Минск: МГВАК, 2014. С. 88.
5. **Ицкович А.А.** Надежность летательных аппаратов и авиадвигателей. М.: МГТУ ГА, 1995.
6. Методика управления надежностью изделий функциональных систем с целью поддержания уровня летной годности и экономичности эксплуатации ВС. М.: ГосНИИ ГА, 2005.
7. **Громов М.С.** Поддержание летной годности – основа безопасной эксплуатации воздушных судов / М.С. Громов, Г.Я. Полторанин, В.С. Шапкин. М.: ГосНИИ ГА, 2002. 333 с.
8. **Дашков И.Д.** Определение и оценка состояний функциональных систем воздушных судов в системе управления безопасностью полетов / И.Д. Дашков, Б.В. Зубков // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 205. С. 32–36.
9. **Дашков И.Д.** Оценка соответствия функциональных систем воздушных судов требованиям норм летной годности / И.Д. Дашков, Б.В. Зубков // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 205. С. 28–31.
10. Нормы летной годности самолетов транспортной категории (АП-25): авиационные правила: утв. Приказом Минтранса России от 05.07.1994 № 48/МАК. М.: Авиаиздат, 2009. 144 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чинючин Юрий Михайлович, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей МГТУ ГА, yu.chinyuchin@mstuca.aero.

Герасимова Евгения Давидовна, кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиационных двигателей МГТУ ГА, e.gerasimova@mstuca.aero.

Ойдов Намбат, соискатель МГТУ ГА, nambat.o@mcaa.aov.mn.

METHODICAL SUPPORT OF AIRCRAFT WITH THE DELAYED DAMAGE SAFE FLIGHTS

Yuriy M. Chinynchin¹, Evgeniya D. Gerasimova¹, Nambat Oidov¹

¹Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia

ABSTRACT

The article deals with procedural guidelines for delayed damage aircraft safe flights. This methodological support is intended to form the aircraft type minimum equipment list (MEL).

It is suggested to use airworthiness provision as the basic criterion for MEL determination. In order to develop methodological support of safe flights with delayed damage it is suggested to follow the well-known methods of statistical and constructive analyses and theory of estimation methods. Functional system reliability of delayed damage flights is analyzed alongside with functional system failure types and consequences.

Modeling reckons upon the opportunity to analyze the functional system failure-free operation for any predetermined specified operation time, including the time between overhauls. Functional system failure-free operation analyses and estimation by means of suggested model supposes step-by-step approach in solution of the following problems: every component of the functional system reliability estimation; failure-free operation of the functional system in the whole.

Thus it is possible to determine and forecast acceptable rates of failure probability for every analyzed component considering airworthiness requirements at the aircraft maintenance facility.

The initial data for modeling is the functional systems and parts failure statistic database accumulated from a certain maintenance facility operation experience.

The suggested mathematical support for MEL formation allows to update manufacturer specified MEL for the aircraft maintenance facility.

Key words: aircraft, functional system, safety of flights, minimum equipment list (MEL), reliability.

REFERENCES

1. OST_1_02792-2010. *Aviatsionnyi standart. Vozdushnyie suda grazhdanskoy aviatsii. Minimalnyie perechni oborudovaniya. Obschie trebovaniya* [Aviation standards. Aircraft Civil Aviation. Minimum equipment lists. General requirements]. Moscow, Federal State Unitary Enterprise "Research Institute of SU", 2011. (in Russian).

2. **Chinyuchin Yu.M.** *Formirovanie Minimalnykh perechny oborudovaniya vozdushnykh sudov, obespechivayushchego bezopasnyie i regulyarnyie polety* [Formation of a minimum set of aircraft safety equipment and regular flights]. Yu.M. Chinyuchin, N.N. Smirnov, V.S. Kirdyushkin, D.S. Gafurov. The Scientific Bulletin of MSTU CA, 2014, Vol. 205, pp. 10–15. (in Russian)

3. *Vvedenie v MMEL i MEL (Flight Operations Support & Services)* [Introduction to the MMEL and MEL (Flight Operations Support & Services)]. Original version – Airbus. Issue 1. 2005. 202 p. (in Russian).

4. **Gafurov D.S.** *Primenenie programm bezopasnogo vyipolneniya poletov vozdushnykh sudov pri nalichii dopustimyykh (otlozhennykh) neispravnostey* [Application programs safe operation of aircraft in the presence of valid (pending) fault]. D.S. Gafurov. *Materialy dokladov IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aviatsiya: istoriya, sovremennost, perspektivy razvitiya»* [Materials of the IVth International scientific-practical conference "Aviation: Past, Present, development prospects"]. Minsk, MGVAK, 2014. 88 p. (in Russian)

5. **Itskovich A.A.** *Nadezhnost letatelnykh apparatov i aviadvigateley* [Reliability of aircraft and aircraft engines]. Moscow, MSTUCA, 1995. (in Russian)

6. *Metodika upravleniya nadezhnostyu izdeliy funktsionalnykh sistem s tselyu podderzhaniya urovnya letnoy godnosti i ekonomichnosti ekspluatatsii VS* [Methods of controlling the systems of reliability of functional products for the purpose of maintaining the level of the airworthiness of aircraft operation and efficiency]. Moscow, State Research Institute of Civil Aviation, 2005. (in Russian)

7. **Gromov M.S.** Podderzhanie letnoy godnosti – osnova bezopasnoy ekspluatatsii vozdukhnykh sudov [Maintaining airworthiness is the basis of the safe operation of aircraft]. M.S. Gromov, G.Ya.Poltoranin, V.S. Shapkin. Moscow, GosNII GA, 2002, 333 p. (in Russian)

8. **Dashkov I.D.** *Opredelenie i otsenka sostoyaniy funktsionalnykh sistem vozdukhnykh sudov v sisteme upravleniya bezopasnostyu poletov* [Identifying and evaluating states of the aircraft functional systems in the system of flight safety management]. I.D. Dashkov, B.V. Zubkov. The Scientific Bulletin of the MSTU CA, 2014, no. 205, pp. 32–36. (in Russian)

9. **Dashkov I.D.** *Otsenka sootvetstviya funktsionalnykh sistem vozdukhnykh sudov trebovaniyam norm letnoy godnosti* [Assessment of the accordance of the functional systems of the aircraft to the airworthiness requirements]. I.D. Dashkov, B.V. Zubkov. The Scientific Bulletin of the MSTU CA, 2014, no. 205, pp. 28–31. (in Russian)

10. *Normy letnoy godnosti samoletov transportnoy kategorii (AP-25)* [Standards of Airworthiness transport category airplanes]: *aviatsionnyye pravila: utv. Prikazom Mintransa Rossii ot 05.07.1994 No. 48/MAK.* [Aviation rules: approved by the Order of the Ministry of Transport of Russia from 05.07.1994 №48 / MAC.]. Moscow, Aviaizdat, 2009, 144 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Chinyuchin Yuriy Michaylovich, Professor, Doctor of Science, Head of the Aircraft and Aircraft Engines Maintenance Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, yu.chinyuchin@mstuca.aero.

Gerasimova Evgeniya Davidovna, PhD, Associate Professor of Aircraft and Aircraft Engines Maintenance Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, e.gerasimova@mstuca.aero.

Oidov Nambat, Externa PhD student, Moscow State Technical University of Civil Aviation, nambat.o@mcaa.aov.mn.